



Aan

Belangstellenden

Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Bibliotheek (Middelburg)

GWAO-92.852X 001

Van

D.C. van Maldegem
Datum

6 november 1992
Onderwerp

Kaartering van slib in het
Schelde-estuarium

Doorkiesnummer

01180-72222
Bijlage(n)

Document nr.

GWAO-92.852X

Dit werkdocument geeft een overzicht van de methoden, die zijn toegepast bij het vergaren van de slibgegevens van het Schelde-estuarium, en de verwerkingswijzen van deze basisgegevens. De meeste van deze gegevens hebben gediend als bouwstenen voor de slibbalans van het Schelde-estuarium (zie nota GWAO-91.081/SAWESnota 91.08).

Achtereenvolgens worden in dit werkdocument behandeld:

- (1) de waterfase
- (2) de waterbodem
- (3) de platen
- (4) de slikken
- (5) de schorren
- (6) de havens

Voor de literatuurverwijzingen gelieve u de literatuurlijst van nota GWAO-91.081 raadplegen. De (niet bijgevoegde) figuren, bijlagen en appendices waarnaar wordt verwezen corresponderen eveneens met de verwijzingen van deze nota.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

1. De waterfase

methode

meten en bemonsteren De concentratie van het slib in het water is vanaf 1970 bepaald middels bemonsteringen van het oppervlaktewater op minimaal 9 lokaties en 13 uurs metingen in de waterkolom. De locaties van de oppervlaktebemonsteringen zijn gelegen in de ebgeulen en zodoende zeker niet representatief voor het hele estuarium. In de bemonsteringsperiode zijn de ebgeulen verdiept ten koste van de vloed-scharen. De oppervlakte monsters zijn genomen met een emmer, waaruit na roeren een monster is genomen.

De monsternamen tijdens de 13 uursmetingen is gedaan met de Vlissingse fles of een pomp. Het transport van slib is tijdens de 13 uursmetingen bepaald door de stroomsnelheid te meten.

De variatie in slibconcentratie en slibtransport als functie van waterdiepte en tijd is ook bepaald door continue troebelheidsmetingen op 3 vaste lokaties in het Schaar van Spijkerplaat, Het Middelgat en Het schaar van Noord. Hierbij is zowel gemeten als bemonsterd. Het laatste i.v.m. de vertaling van de troebelheid naar het slibgehalte. Met een Waverider is voor deze lokaties tevens het wind- en golfklimaat bepaald.

De slibgradiënt is bepaald tijdens 8 vaartochten. Vanuit zee is in 1987 en 1988 varend tot Rupel de troebelheid te meten.

Vanaf de zee tot Rupel zijn tijdens 2 andere vaartochten in 1987 en 1988 op halve waterdiepte watermonsters opgepompt voor het bepalen van de verhouding marien fluviatiel slib.

Analyse De monsters zijn in het lab geanalyseerd. In het laboratorium wordt het monster in een slibscheitoestel gegoten met bovenin een 53 μ zeefje en onderin filtreerpapier (gemiddeld 1 μ). Na doorspoelen met gedestilleerd water worden zeefje en filtreerpapiertje gedroogd bij een temperatuur van 105°C en gewogen.

In het isotopenlaboratorium van de RU Groningen is de isotopenverhouding $C12/C13$ van het anorganische materiaal $\leq 50\mu$ bepaald.

bewerking van de basisgegevens tot de diepte gemiddelde slibkaart water

De wekelijkse oppervlakteconcentraties in de Westerschelde en de Westerschelde monding van 1970 tot 1990 zijn verwerkt tot maandgemiddelde waarden. Aangenomen is dat door de middeling getijgemiddelde waarden worden verkregen en dat het percentage organische stof (hunos) en kalk in het watermonster verwaarloosbaar is.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

Voor het gebied tussen de grens en Rupel is gebruik gemaakt van Belgische maandgemiddelde turbiditeitsmetingen uit in de periode 1973-1981 [Wollast et Peters 1980] en vanaf 1981 van de permanente meetpunten Oosterweel en Prosperpolder van de Antwerpse Zeediensten.

Op basis van de resultaten van 13 uurs materiaaltransportmetingen [Projekt NAUWESB 1983] is de verhouding tussen oppervlakte- en vertikaalgemiddelde concentratie berekend. De dieptegemiddelde concentratie is 1 tot 3 maal zo groot als de oppervlakteconcentratie. Uit bemonsteringen buiten het hoofdvoorwater blijkt dat deze factor ook meer kan bedragen. Deze variatie is een gevolg van horizontale circulatie. Uit de analyse van veel metingen volgt dat de gemiddelde factor ca. 1.6 bedraagt. Met deze verhouding zijn de dieptegetijgemiddelde concentraties berekend voor de vakken van de slibbalans. Door lineaire interpolatie van deze waarden is de dieptegetijgemiddelde slibconcentratie per vak bepaald (bijlage B4).

Voor het bepalen van de verhouding marien fluviatiel slib is gebruik gemaakt van de koolstofisotoop $C12C13$ van het anorganische materiaal in de waterbodem.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

2. De waterbodem

methode

meten en bemonsteren slib In het estuarium zijn ruim 200 boringen uitgevoerd (deze staan vermeld op de overzichtstekeningen B5.75.927 en B5.76.474 van de Meetdienst te Vlissingen), waaruit het slibpercentage in de bodemlagen kan worden bepaald. Tot 1970 zijn pulsboringen verricht, daarna zijn steekmonsters genomen met het verbeterd apparaat van Ackermann (1 m lange cilinder $\phi 7$ cm).

Voor het kaarteringsonderzoek zijn ook bodemonsters genomen met een Van Veen happer. De dichtheid van het kaarteringsmeetnet bedraagt gemiddeld één bemonstering per 4 km². Voor het bepalen van het slibpercentage in de bovenste bodemlaag zijn daarnaast proefmetingen verricht met het Roxann systeem in een raaiensysteem in de omgeving van de Platen van Valkenisse en in de omgeving van Antwerpen.

Op Belgische gebied tussen de grens en Antwerpen zijn van Belgische zijde 2 opnamen verricht van het slibpercentage in de bovenste bodemlaag. Het slibpercentage is bepaald door het meten van de concentratie natuurlijke radioactieve isotopen [Bastin 1974 en 1985].

Vanaf zee tot Rupel zijn tijdens vaartochten in 1984 en 1985, 1987, 1988 en 1990 van Nederlandse zijde bodemonsters genomen in de geulen en de havens, en op de platen voor het bepalen van de verhouding C12/C13.

loden Eén keer per 2 jaar worden dieptemetingen verricht in een vast raaiensysteem. Uit de 5 jaarlijkse verschillen tussen de opnamen zijn de sedimentatie en erosiegebieden afgeleid.

Het ribbelpatroon van de waterbodem is gemeten door varende sonaropnamen langs de boeienlijnen van de geulen.

analyse Van iedere boring is een beschrijvingen gemaakt (vanaf 1970 door steeds dezelfde medewerker). Voor de helft van de boringen is een korrelverdelingsdiagram bepaald. De boringen geven inzicht in de mate van slibhoudendheid, het gewichtspercentage slib, het korrelverdelingsdiagram (voorzover bekend) en de mate van slapheid van de bodem. Voor de korrelgroottebepaling wordt het organische stof met waterstofperoxyde verwijderd, en kalk met zoutzuur. Daarna wordt het monster afgeslibd.

De korrelgroottebepaling vindt plaats met Malvern (bereik 2000 μ) of zeefmethode. De korrelgroottebepaling met de Malvern gaat 4 keer sneller dan de zeefmethode. Beide methoden hebben hun beperkingen. De voorbehandeling is bepalend voor de totale duur van de analyse. De bodemonsters zijn geanalyseerd op humus-, kalk(CaCO₃), slib- en zandgehalte. De scheiding tussen het minerale materiaal slib en zand is gehouden op 16 μ . De bepaling van de D50 van het zandige materiaal



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

is gedaan met een microscoop. Voor de schatting van de D50 waarde zijn de monsters vergeleken met standaardmonsters. Voor de vaststelling van de nauwkeurigheid is voor ca. 25% van deze monsters de D50 tevens door middel van uitzeven bepaald.

De microscoop geeft gemiddeld $25\ \mu$ minder dan de zeefmethode bij een D50 tussen 100 en $200\ \mu$. Boven $50\ \mu$ geeft de microscoop voor de D50 gemiddeld $20\ \mu$ meer dan de zeefmethode.

De verhouding $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ van het materiaal $\leq 63\ \mu$ is bepaald in het isotopeenlaboratorium van de RU Groningen van de series bodemonsters. Niet goed bekend is hoe groot de invloed van het organisch materiaal is op deze resultaten.

bewerking van basisgegevens tot bodemkaart $63\ \mu$ voor 1 m dikke bovenlaag

Om een inzicht te krijgen over de slibconcentraties in de waterbodem is voornamelijk gebruik gemaakt van het uitgebreide kaarteringsonderzoek van de Looft voor de fractie $\leq 16\ \mu$. Normering naar de fractie $\leq 63\ \mu$ is gedaan m.b.v. de korrelverdelingsdiagrammen behorende bij ca 1/4 deel van de bemonsteringen. Verder is gebruik gemaakt van het kaarteringsonderzoek van Reynders. Door Bams (1989) zijn hiermee slibkaarten voor de waterbodem van het Nederlandse deel samengesteld (bijlage B5). Voor het Belgische deel van het estuarium is gebruik gemaakt van het onderzoek van Wartel en Bastin.

De eerder genoemde kaarteringsonderzoeken geven informatie over de bovenste bodemlaag van 5-10 cm. voor de periode 1970-1980. Er zijn geen gegevens om een uitspraak te kunnen doen over een trend van het slibpercentage in de waterbodem. Uit de "film" van slib aan de oppervlakte van de bodemonsters blijkt dat slib meestal hoger in de waterbodem is oververtegenwoordigd.

Door Bams werd ook een overzicht gemaakt van de analyseresultaten van de boringen in 1 m. diepe laag. Uit de vergelijking tussen het kaarteringsonderzoek en de steekboringen blijkt een goede overeenkomst. De resultaten van het kaarteringsonderzoek zijn maatgevend gesteld voor het slibpercentage in de waterbodem van de bovenste meter.

Voor de bepaling van de veranderingen in bulkhoeveelheden slib is uitgegaan van de verschillen tussen de lodingen in 1975 en 1985 [v.d.Berg]. Met behulp van de slibpercentages van de bodemonsters en de verschilkaarten van de lodingen is tevens een schatting gemaakt van de hoeveelheden accumulatief slib in een 1.0 m. dikke laag.

De omrekening van kubieke meters slib naar tonnages is gedaan volgens de aanname $1\ \text{m}^3\ \text{slib} \approx 1\ \text{ton}\ \text{slib drooggewicht}$ (appendix A2).

Het slib in de waterbodem is zowel van mariene als fluviatiele oorsprong.

De belangrijkste herkomst van het mariene slib zijn de Vlaamse Banken voor de Belgische kust, waarvan door eroderende werking slib vrijkomt. De getijstrooming zorgt voor het transport van de Vlaamse banken naar de Westerschelde. Het fluviatiele slib is grotendeels afkomstig van het stromingsgebied van de rivier de Schelde (industriële, huishoude-



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

lijke en natuurlijke bronnen). Voor de herkomst van het slib naar marien en fluviatiel materiaal is gebruik gemaakt van de koolstof-isotoop $C12/13$ in de waterbodem. Deze verhouding is verwerkt in een kaart met overeenkomstige verhouding (bijlage B6). Hieruit is de gradiënt van de verhouding marien fluviatiel voor het estuarium afgeleid.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

3. De platen

methode

Metten en bemonsteren De plaatgebieden zijn bemonsterd volgens een raaienstelsel voor de kaarteringen van De Looft, Reynders en Helsloot/Storm.

Op de plaatgebieden tussen Hansweert en de grens zijn tevens in 1984 en 1989 monsters genomen voor de C12/C13 bepaling.

Op de plaatgebieden tussen Hansweert en de grens worden vanaf 1989 op enkele lokaties maandelijks de hoogteveranderingen bepaald met een LTO.

Voor alle plaatgebieden is in 1988 en 1989 een bodemkundige opname gemaakt, waarbij speciale aandacht is geschonken aan het voorkomen van slibvelden [Siereveld 1988]. Verder zijn van verschillende jaren luchtfoto en satelliet opnamen beschikbaar, die visueel informatie geven over de mogelijke slibgebieden.

Loden De vorm en hoogte veranderingen van de plaat kunnen periodiek worden vastgesteld door het loden van de plaatgebieden. Hierdoor wordt met relatief weinig inspanning een tijdsopname van de morfologische ontwikkelingen vastgelegd.

Het gedeelte van de plaatgebieden, dat droogvalt, kan in hun ontwikkeling worden gevolgd door plaatselijke hoogtemetingen.

Analyse De monsters van de plaatkaarteringen zijn bodemkundig onderzocht op o.a. slibpercentage. In het isotopen laboratorium is voor de betreffende bodemonsters ook de $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ verhouding van het anorganische materiaal bepaald.

bewerking van basisgegevens

Door de periodieke lodingen van de Meetdienst Zeeland zijn 5 jaarlijkse opnamen in de periode 1950 t/m 1985 beschikbaar. Uit de ontwikkeling van de plaatgebieden blijkt een inhoudstoename voor de horizontale schijven tussen de niveau's NAP -5 m., -2.5, NAP, +1 m. en NAP +2 m..

Deze toename bedraagt gemiddeld ca. 1 miljoen m³/jr. boven de nivo's N.A.P. -5 m. en N.A.P. -2.5 m. Boven het nivo van N.A.P. bedroeg de gemiddelde toename ca. 5.5 miljoen m³/jaar in de periode 1965 t/m 1985. Dit betekent een gemiddelde verhoging boven N.A.P. van 40 cm. voor een gebied van 2700 ha.

Hieruit blijkt dat alle plaatgebieden over het algemeen toegenomen zijn in oppervlakte boven NAP (figuur 22). De plaatgebieden in het Oostelijk gedeelte van de Westerschelde zijn de laatste 20 jaar in volumina boven NAP zelfs 2 maal zo groot geworden. Vooral de platen van Valkenisse en Ossenis-Oost zijn sterk toegenomen. Uit de inhoudsberekeningen t.b.v. de zandbalans is bekend dat de gemiddelde netto erosie verwaarloosbaar is. Dit betekent dat een verandering van



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

de geometrie heeft plaatsgevonden. Aangenomen wordt dat dit vanaf 1970 een gevolg is van de intensieve bagger- en stortwerkzaamheden in dezelfde periode, waarbij t.b.v. de verdieping van het hoofdvaarwater veelal stortingen werden uitgevoerd langs plaatranden en in schaargebieden. Het meerendeel van deze onderhoudsbaggerwerken, werden uitgevoerd in het Oostelijk gedeelte van de Westerschelde. De gevolgde methode beschrijft de gemiddelde ontwikkelingen van de dieptelijnen van de platen. Een nadeel is dat de seizoensfluctuaties worden uitgemiddeld.

De slibpercentages op de platen zijn bekend uit kaarteringen van De Looff, Reynders, Storm en Helsloot en boringen uit het archief van de Meetdienst Zeeland. De slibpercentages zijn door Bams zijn herleid naar de fractie $\leq 63\mu$ en verwerkt op de slibkaart (bijlage B5). Uit een aantal bodemonsters van de platen is met behulp van de koolstofisotoop $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$ de verhouding marien fluviatiel slib bepaald. De resultaten zijn verwerkt in de kaart met de verhouding voor $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

4. De slikken

methode

Metten en bemonsteren Aan de vaak moeilijk toegankelijke slikgebieden is tot nu toe weinig aandacht geschonken. Er zijn maar twee onderzoeken beschikbaar. Voor het bodemkundig onderzoek van de intergetijdgebieden door Reynders e.a. in 1984 zijn steekmonsters genomen in het gebied tussen Vlissingen en de grens.

In 1989 is een kwalitatieve inventarisatie uitgevoerd door het meten van oeverraaien met een dubbel 2-frekwentie echolood systeem in combinatie met bemonsteringen. Dit systeem is alleen bruikbaar voor het opsporen van gebieden met een slibpercentage $\geq 35\%$. Bij het meten bleek dat deze gebieden in de Westerschelde met uitzondering van de havens nauwelijks voorkomen. Voor het meetprogramma 1991 zijn seizoensopnamen met het meer bruikbare ROXANN systeem gepland.

Analyse In het laboratorium zijn de steekmonsters [Reynders e.a.] bodemkundig onderzocht op o.a. lutumpercentage.

bewerken van basisgegevens

Gebieden met een slibpercentage $\geq 35\%$ komen nauwelijks voor in het Schelde-estuarium (bijlage B5). Voor de slikgebieden is uitgegaan van de bewerking van Bams voor de kaartering van Reynders.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

5. De schorren

methode

Metten en bemonsteren In 1984 heeft Reynders e.a. een kaartering van de schorgebieden door steekmonsternamen uitgevoerd.

Op de schorren Saeftinge Oost, Emanuelschor en de Konijneschor zijn verder in 1987 kernen gestoken om inzicht te krijgen in het recente sedimentatiepatroon en voor datering [Berger, Eisma].

Op de schorren land van Saeftinge en Emanuelpolder zijn daarnaast in 1989 enkele bodemonsters genomen voor de bepaling van de verhouding marien fluviatiel slib.

Op de schorren Land van Saeftinge en Emanuelpolder zijn ook in enkele raaien richting de oever kaolin veldjes aangebracht om de aanslibbingssnelheid te volgen.

In 1931, 1949 en 1961 heeft verder een uitgebreide waterpassing van het Land van Saeftinge plaatsgevonden. In 1987 zijn voor 2 langsprofielen en 2 dwarsprofielen waterpassingen verricht. In 1935, 1957, 1971, 1979 en 1990 zijn luchtfotos gemaakt van het Land van Saeftinge [Saeftinge vegetatiekaart 1972 door Leemans en Verspaandonk]. In 1971 en 1980 zijn de debieten gemeten in de monding van de hoofdgeulen Speelmansgat, Yskelder en Hondégat. In 1990 en 1991 is het waterstandsverhang voor enkele windrichtingen voor zowel als doortij als springtij gemeten.

Analyse De steekmonsters van Reynders zijn bodemkundig onderzocht, onder andere op het lutumpercentage en de $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ verhouding. De kernen zijn verder geanalyseerd op ^{134}Cs , ^{137}Cs en ^{210}Pb .

Voor de bodemonsters is in het isotopenlaboratorium de $\text{C}12/\text{C}13$ verhouding van de organische stof bepaald. Deze verhouding is als tracer voor de schorren eigenlijk ongeschikt doordat de schorvegetatie de isotopenverhouding beïnvloedt.

bewerking van basisgegevens tot een slibkaart

Het lutumpercentage is omgerekend naar slibpercentage $\leq 63\mu$ en verwerkt in de slibkaart [Bams 1989 zie bijlage B5]. De analyseresultaten van $\text{C}12/\text{C}13$ zijn verwerkt in de kaart met de banen van fluviatiel en marien slib. De resultaten van de waterpassingen en luchtfoto's van het Land van Saeftinge zijn verwerkt in kombergingsgrafieken (figuur 22) en hoogteprofielen. Analooq hieraan zijn de luchtopnamen uit de perioden 1979 t/m 1983 gebruikt voor onderzoek naar de vegetatieontwikkeling van de schorgebieden [v.Schaik et al 1988].



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

De sedimentatiesnelheid van het Land van Saeftinge is op 4 verschillende wijzen bepaald. De resultaten hiervan zijn toegepast voor alle schorren:

1. Berekening van de overspoelingsfrequentie en oppervlakte van de schorgebieden voor enkele nivo's, Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de waterstandsverhanglijnen over de geulen en het schor [in voorbereiding 1993].
2. Analyse van ^{137}Cs met 1963 en Tsjernobyl als markpunten van een maximum fall-out van kernafval. Met deze analyse sedimentatiesnelheid van de betreffende schorren afgeleid. Deze resultaten zijn getoetst aan fysische en chemische onderzoeksresultaten [Berger et al 1988].
3. Analyse van de kombergingsgrafieken van de verschillende jaren.
4. Analyse van de sedimentatiesnelheid van de schorren van de Oosterschelde [Goedheer 1985]. Hierbij is gebruik is gemaakt van de gemiddelde sedimentatiesnelheden van een laag-, midden- en hoog schorgebied.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

6. De havens

methode

Metten en bemonsteren Voor de havens van Kruiningen en Hansweert zijn in 1985 t.b.v. onderhoudsbaggerwerk steekboringen verricht. In de inloop van voornoemde havens en in de Braakmanhaven, Voorhaven van Terneuzen en Sloehaven zijn 13 uurs materiaaltransportmetingen verricht. In alle getij havens van het estuarium zijn in 1990 met een Van Veen happer 3 bodemonsters genomen voor een C12/C13 bepaling.

Loden De rijkshavens worden voor en na het jaarlijkse baggeronderhoud gepeild.

Analyse In het laboratorium zijn de bodemonsters op gebruikelijke wijze geanalyseerd. In het isotopenlaboratorium van de RU Groningen zijn voor de betreffende bodemonsters de verhouding C12/C13 van het anorganische materiaal bepaald.

bewerking van basisgegevens tot een slibkaart

De slibpercentages van de bodemonsters zijn omgerekend naar de fractie $\leq 63\mu$ en verwerkt op de slibkaart [Bams 1989].

De $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ verhouding van het bodemmateriaal is verwerkt op de kaart voor het estuarium (bijlage B6).

De hoeveelheid jaarlijkse onderhoudsbaggerspecie uit deze havens geeft een indruk over de grootte van de netto slibtransporten in het estuarium als kan zodoende als "tracer" worden gebruikt voor het vaststellen van veranderingen. Het havenslib wordt meestal jaarlijks verwijderd via baggeren of injecteren. Gebaggerd wordt tot de streefdiepte met een overdiepte van ca. 2 dm. Verondersteld wordt dat bij deze baggerwerken getracht zal worden om de marge tussen streef en aanlegdiepte zo veel mogelijk te beperken. Storten van de specie wordt buiten de haven gedaan.